

CATEDRAL DE BRASÍLIA: HISTÓRICO DE PROJETO/ EXECUÇÃO E ANÁLISE DA ESTRUTURA

Diogo Fagundes ,PESSOA¹
João Carlos Teatini de S.,CLÍMACO²

RESUMO: A Catedral de Brasília é um marco na Arquitetura e Engenharia. Uma estrutura singular e audaz que denota o gênio do seu arquiteto Oscar Niemeyer e o caráter inovador dos expertos do cálculo e construção do Brasil. O objetivo deste artigo é apresentar uma revisão histórica da construção da Catedral, nos finais dos 50s, desde sua concepção estrutural, o cálculo em concreto armado, técnicas de construção e materiais. O trabalho foi baseado nos documentos existentes e depoimentos dos profissionais envolvidos, direta ou indiretamente, com as fases construtivas dessa obra de arte. Dos planos originais, os modelos estruturais foram criados usando dois recentes programas computacionais, SAP2000 (1995) e o Ansys (1995). O artigo apresenta um cálculo expedito dos pilares da Catedral, segundo a norma brasileira para concreto armado, em suas duas versões, NB-1 e o PNBR 6118 (ANT, 1978 e 2001), visando de analisar o cálculo original referente ao desempenho e durabilidade estrutural. O objetivo final é propor um programa de manutenção preventivo para a estrutura da Catedral.

INTRODUÇÃO

A Catedral de Brasília é um monumento de características únicas, de extrema importância para o patrimônio histórico nacional e um marco na Arquitetura e Engenharia Estrutural brasileiras. A motivação de se realizar um estudo extensivo desse monumento, referenciado na Engenharia Estrutural, deve-se à injustificada carência de trabalhos e publicações que enfatizem quão importantes e inovadores foram a concepção, o cálculo e a execução dessa obra de arte. Pretende-se que o presente trabalho seja o primeiro de uma série idealizada para preencher essa lacuna na história da Engenharia Estrutural dos monumentos de Brasília, que, assim como boa parte das edificações de relevância histórica no país, não mereceram a atenção adequada para registro do cálculo estrutural e técnicas construtivas. Na maioria dos países desenvolvidos que valorizam o seu patrimônio histórico existem inúmeras publicações sobre as técnicas de Engenharia envolvidas em seus monumentos, o que possibilita a avaliação continuada de sua situação física, subsidiando programas de manutenção periódica e conservação.

OBJETIVOS

O objetivo principal do trabalho é caracterizar a estrutura da Catedral de Brasília - história, projeto, tecnologia construtiva e intervenções, a partir de dados coletados e depoimentos de profissionais envolvidos, direta ou indiretamente, em sua concepção e realização.

Quanto à história da construção da Catedral, pretende-se evidenciar os aspectos mais importantes: início e término das obras, projetos arquitetônico e estrutural, responsável técnico e detalhes gerais da estrutura. Apresenta-se a concepção estrutural e a função das peças principais - lajes, pilares, anéis de tração e compressão, apoios e fundações. A tecnologia empregada na obra é descrita, envolvendo as formas, os materiais utilizados, controle tecnológico, cura, desforma, etc. O trabalho inclui, ainda, uma análise do projeto estrutural, utilizando programas computacionais atuais, o SAP2000 (1995) e o ANSYS (1995), que propiciam modelos para o cálculo dos esforços e deslocamentos nas peças.

¹ Mestre, Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília (UnB) 70910-900 Brasília, DF - Brasil

² Ph.D, Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - Faculdade de Tecnologia Universidade de Brasília (UnB) 70910-900 Brasília, DF - Brasil

A partir desses esforços, é apresentado o dimensionamento expedito de um pilar típico da Catedral, segundo a norma brasileira NB-1, em duas versões, a corrente (ABNT, 1978) e a nova versão PNBR-6118 (ABNT, 2001), visando comparar as armaduras obtidas com as existentes nas peças, dado de interesse histórico e relevante para a manutenção estrutural de longo prazo. Em etapas posteriores do trabalho, pretende-se elaborar um diagnóstico da situação atual da estrutura e das intervenções efetuadas, com vistas ao estudo de sua durabilidade a vida útil. Pretende-se, como objetivo final deste projeto, propor um programa de manutenção estrutural periódica para esse monumento, utilizando metodologia desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da UnB (Castro et al, 1995).

HISTÓRICO

A Catedral de Brasília foi construída no período de 1959 a 1970: na primeira fase, de seis meses, apenas a estrutura da nave principal (1959-60), e a conclusão do restante de 1969-70, envolvendo o espelho d'água, batistério, campanário, interior da nave, vitrais, sacristia, rampa, etc. Uma das obras mais admiradas do arquiteto Oscar Niemeyer, constitui-se em um marco da Arquitetura e Engenharia brasileiras, com uma estrutura inovadora e ousada, que, à época, afirmou a competência e ousadia dos profissionais brasileiros no cenário mundial.

Conforme Brito et al (2000), "Niemeyer procurou uma forma compacta e límpida, composta por 16 montantes de concreto que, ao invés de se unirem em teto, arco ou ogiva, convergindo para uma abóbada protetora e invertida, se opõem, ao contrário, num gesto violento de tensão, como o de duas mãos estendidas com os dedos abertos num espasmo de súplica. Outros a comparam com a coroa de espinhos de Cristo na Paixão. Representa algo inteiramente oposto à serenidade ascética do Gótico ou ao contentamento erótico do Barroco". Apresenta-se como um volume único, capaz de surgir com a mesma pureza, seja qual for o ângulo de visão, pela planta circular e a estrutura que se lança ao céu em uma série de elementos hiperbólicos. O partido arquitetônico valoriza a forma escultórica, um marco visual reforçado pela escala monumental do sítio onde está implantada e pela homogeneidade do conjunto de edifícios da Esplanada dos Ministérios.

O primeiro anteprojeto previa 21 pilares, com 40m de altura, e um anel de concreto na base, de 70m de diâmetro, apoiado no chão e servindo de fundação. O número de pilares foi reduzido para 16 por razões estéticas, ficando o diâmetro da base com 60m e a altura de . No topo, uma coroa serve de apoio para garantir a amarração e rigidez, permitindo a iluminação pelo alto. Por uma questão de estabilidade, essa coroa ficou situada bem abaixo do topo, atenuando a leveza e transparência da estrutura. É notável o contraste da simplicidade da planta baixa com a complexidade da solução estrutural e volumétrica do edifício. O acesso à Catedral bem como de outros edifícios monumentais da cidade é desvinculado da via pública, por uma rampa que acessa o subsolo, sendo que, visivelmente, só é notada a sua cobertura.

O interior da Catedral é todo revestido de mármore, somando, no total, 500 toneladas desse material. Completando o conjunto, o campanário e o batistério, em forma ovóide. O interior possui três esculturas de anjos, em duralumínio, suspensas por cabos de aço, no centro da nave. As dimensões das três peças são: 2,22m de comprimento e 100 kg, a menor; 3,40m de comprimento e 200 kg, a média; e 4,25m e 300 kg, a maior. Essas obras foram realizadas com a colaboração do escultor Dante Croce, em 1970. Os vitrais são de autoria da artista plástica Marianne Peretti. No total, ocupam uma área de 2.200m², cada peça tendo 10m de base por 30m de altura, composto por 16 gomos de 140m² em fibra de vidro nas cores azul, verde e branco, somando, no total, 80 toneladas (Brito et al, 2000).

A Figura 1 mostra o conjunto de monumentos da Catedral de Brasília: nave principal, circundada por um espelho d'água, Batistério (ovóide) e Campanário (à esquerda).



Figura 1: Conjunto da Catedral de Brasília (2002)

PROJETO ESTRUTURAL

Trata-se de uma estrutura auto-equilibrada, composta por 16 pilares, dispostos, em planta, circunferencialmente. A sustentação é feita por dois anéis de concreto armado. O superior, com, aproximadamente, 6,8m de diâmetro, está localizado próximo do topo dos pilares, absorvendo os esforços de compressão. Esse anel passa por dentro dos pilares, tornando-se imperceptível aos olhos do observador. Já o anel inferior, com 60,0m de diâmetro, ao nível do piso, absorve os esforços de tração, funcionando como um tirante, reduzindo as cargas nas fundações, que recebem apenas esforços verticais. Esse anel só é visível no interior da Catedral. A laje de cobertura não tem função estrutural, mas apenas de vedação (Figura 2).

Infelizmente, não foram localizados quaisquer registros da concepção e cálculo estrutural, de autoria do notável engenheiro Joaquim Cardozo, responsável pelas estruturas de várias edificações de Niemeyer. Informações preciosas foram obtidas no depoimento escrito do responsável técnico da obra para os autores deste trabalho, o arquiteto Carlos Magalhães, então funcionário da Novacap - Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil. Esse depoimento destaca que o modelo estrutural de Cardozo incluía, além do cálculo para suportar as cargas permanentes e sobrecargas, uma análise do efeito das cargas de vento nos vitrais, interagindo com os pilares, verificação um tanto sofisticada para a época (Magalhães, 2001).

A concepção dos pilares é especialmente interessante. A seção é toda variável ao longo do comprimento e, em alguns trechos, com uma geometria particular, que se assemelha a um triângulo vazado. O escoramento das fôrmas dos pilares de concreto, no sistema 'caixão perdido', foi feito em estrutura metálica tubular, na forma de 'leque', apoiando cada coluna (Figura 3). Conforme antes citado, dois anéis garantem a estabilidade dos 16 pilares. O anel superior combate os esforços a compressão e serve como união dos pilares. O inferior funciona como um tirante e se subdivide em outros quatro anéis, um desses com dois metros de base, unidos por vigas e formando uma grelha circular. O fechamento dessa grelha se dá através de duas lajes de vedação, na parte inferior e superior.

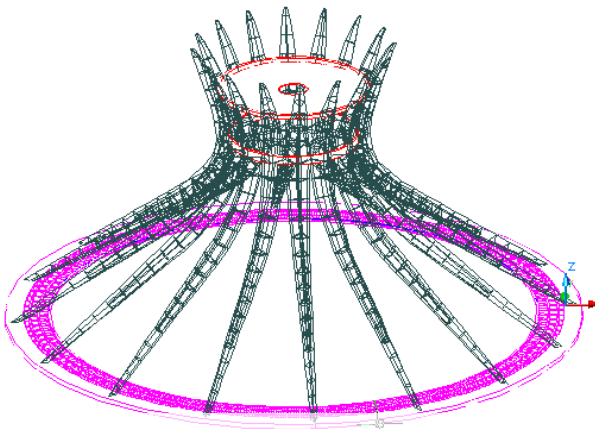


Figura 2: Estrutura da Catedral de Brasília (programa AutoCAD)

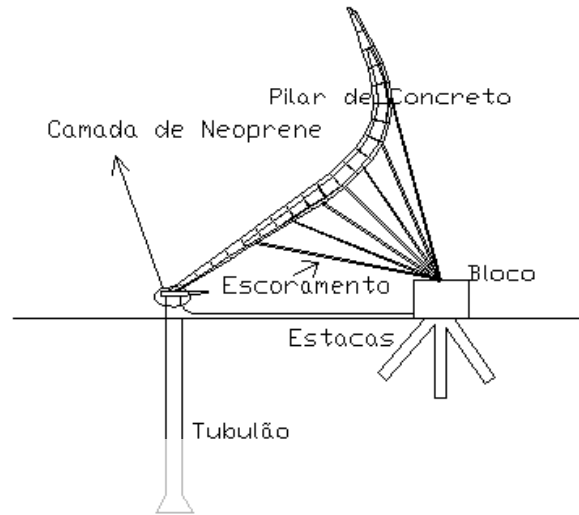


Figura 3: Estrutura de escoramento dos pilares (Magalhães, 2001)

O anel inferior de tração foi concebido de forma a permitir a transmissão exclusiva de esforços verticais aos blocos de fundação. O espaço entre o anel e a infra-estrutura foi preenchido com placas de neoprene, para liberar a rotação nesses apoios. A estrutura de suporte dos vitrais é composta por treliças de aço tridimensionais, fixadas ao longo dos pilares de concreto, através de barras de aço. A estrutura do espelho d'água que circunda a Catedral é de concreto protendido e só foi realizada dez anos após o início das obras. Do depoimento escrito do arquiteto Carlos Magalhães (2001), destacam-se as informações seguintes, importantes para o entendimento da concepção estrutural adotada por Cardozo:

- Fundações:

"Tubulões escavados a céu aberto com diâmetro de 0,70m e profundidade de, aproximadamente, 28,00 m, com as bases alargadas. São 16 pilares iguais através de enfiamento, apoiados em 16 grupos de tubulões.

- Estrutura:

"Nos blocos de fundação nascem 16 pilares, um em cada bloco, que suportam o anel de onde saem as 16 colunas que marcam a estrutura da Catedral de Brasília. O anel de tração está separado dos pilares da infra-estrutura por placas de neoprene (50cm x 50cm x 2,5cm). A função deste anel de tração é a de absorver os esforços horizontais transmitidos pelas 16 colunas. O neoprene impede que qualquer movimento horizontal do anel de tração seja transmitido para os pilares da infra-estrutura. As colunas emergem do anel de tração, maciças e delicadas, armadas com 70 vergalhões CA-50 de uma polegada. Em seguida, as suas dimensões vão aumentando e o cálculo estrutural criou caixões perdidos, que evitam o aumento exagerado do peso da peça, mantendo as dimensões estabelecidas pelo arquiteto e a estabilidade da construção. As 16 colunas, ao mesmo tempo em que ganham altura, se aproximam e depois de se tocarem voltam a subir, afastando-se uma das outras, novamente maciças. Nos pontos em que se tocam, as colunas se apoiam em um anel que trabalha à compressão e impede que elas se fechem".

EXECUÇÃO

A grande maioria das informações sobre a execução da obra da Catedral foi conseguida do depoimento de Carlos Magalhães. Outra fonte importante foi o arquivo histórico da Novacap (2001), onde foram obtidas informações como a procedência e o tipo de materiais empregados, traço do concreto de algumas peças estruturais, nomes de colaboradores e financiadores da Catedral, etc.

Segundo Magalhães, as fôrmas da estrutura de concreto, em madeira, foram verdadeiras "obras de arte", de difícil concepção e execução, pois a geometria das seções era bastante complicada: "Para que as fôrmas

das colunas pudessem ser construídas, foi necessário desenhar no canteiro de obras, com as dimensões reais, uma das colunas e a partir daí, montar aproximadamente 20 ‘cortes transversais’, a fim de que fosse possível transferir para o concreto a forma projetada pelo arquiteto. Sobre o escoramento, foi montado o fundo das colunas, depois a armação, os caixões perdidos e o complemento das armações. As fôrmas eram fechadas, de maneira a permitir que a concretagem fosse feita por etapas e que as colunas recebessem o mesmo volume de concreto a cada etapa de concretagem”.

O projeto de escoramento previa o uso de pilares metálicos, para sustentar a execução dos pilares definitivos. “O escoramento da estrutura da Catedral foi montado com tubos Mills, em forma de ‘leque’, apoiando cada coluna. Foram construídos 16 blocos e 80 estacas inclinadas”, descreve Magalhães (2001). As estacas de sustentação desse escoramento foram cortadas no nível do piso inferior e permanecem até hoje sob o terreno da Catedral.

A concretagem dos pilares foi realizada em segmentos de quatro metros. O concreto era lançado através de guindastes e dosado na própria obra. Os materiais eram procedentes de diferentes regiões: o cimento de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso, a areia do próprio solo de Brasília e a brita da região do Entorno, próxima a Sobradinho-DF. Segundo o responsável técnico, foi feito o controle rigoroso do concreto, com a moldagem de corpos de prova e ensaios pelo laboratório do engenheiro Mauricio Viegas, no Distrito Federal. Entretanto, não foram localizados os certificados de ensaios e os registros dos traços do concreto, obtidos da Novacap (2001), não apresentam a relação água-cimento. A cura foi feita através de molhagem contínua das formas. A desforma foi realizada cerca de 28 dias após a concretagem dos últimos trechos de cada pilar.

No projeto original, a armadura longitudinal da seção mais próxima do anel inferior de tração consiste em cerca de 70 barras de uma polegada de diâmetro, aço CAT-50, hoje não mais produzido. À medida que a seção varia, há um aumento na quantidade de barras, com o mesmo diâmetro, chegando a seção mais solicitada a ter mais de 90 barras de aço. Dessa forma, segundo Magalhães, não era possível haver trespasse, tendo sido os vergalhões unidos com solda de topo. Ainda segundo o responsável técnico da obra, havia um controle tecnológico rigoroso da solda, com amostras de soldas sendo retiradas e enviadas para análise no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) - São Paulo. O projeto especificava para as armaduras uma camada de cobrimento de concreto de espessura de cerca de 2cm, prevendo o uso de espaçadores.

INTERVENÇÕES

Em 1987, foi feita a primeira reforma da Catedral. Nessa intervenção foi feita a substituição dos vitrais incoloros pelos atuais, pintados por Marianne Peretti. Os pilares de concreto da estrutura foram pintados de branco. Foi feita a troca dos bancos, adquirida uma pia batismal para o batistério e um novo controle eletrônico para o campanário. Uma rampa de acesso ao estacionamento lateral foi construída e alguns arbustos implantados no gramado que circunda a igreja (Brito et al, 2000).

Em 1998, um protocolo foi assinado visando uma segunda reforma, iniciada em 2000. Os vitrais foram restaurados com vidros especiais de Milão, que receberam uma película de climatização, a qual possibilitaria a passagem de luz, mas não de calor. O espelho d'água foi novamente impermeabilizado e exaustores foram colocados para melhorar a ventilação dentro do templo. As 16 colunas de concreto foram repintadas e as fissuras no piso, entre as pedras de mármore, foram restauradas. As instalações hidráulicas e elétricas dos banheiros e da secretaria também foram reparadas (Brito et al, 2000).

Cumprе ressaltar que as duas intervenções citadas atenderam, apenas, a requisitos estéticos ou funcionais da edificação, não abordando aspectos essenciais de durabilidade estrutural. Não foram verificadas as condições dos aparelhos de apoio de neoprene e a geometria das peças, o estado das armaduras quanto à corrosão, com a realização, por exemplo, de testes de carbonatação do concreto, etc. O aspecto aparente da estrutura pode ser considerado favorável; no entanto, um estudo mais profundo é essencial para garantir uma durabilidade compatível com a importância do monumento.

ANÁLISE DA ESTRUTURA SEGUNDO MODELOS ATUAIS

Modelo Estrutural segundo o programa SAP 2000 (1995)

O SAP 2000 permite criar um modelo a partir de dois tipos elementos, *frame* e *shell*. As vigas e colunas da Catedral foram discretizadas com elementos *frame* e as lajes com elementos *shell*. Os pilares da Catedral têm

seções variáveis ao longo do comprimento, com geometrias peculiares. Para representar os pilares com o elemento *frame*, foi considerada a geometria real das seções vazadas, com as constantes geométricas das seções extremas de trechos calculadas a cada 2,0m. Com os valores médios dessas constantes, foram geradas barras de 2,0m para discretização dos pilares. Os anéis foram representados por elementos *frame* retangulares, com a geometria do projeto original. As seções do anel de tração, que formam uma grelha, são variáveis e adotou-se, também, uma seção média para os trechos de anel.

As lajes, tanto a vazada de cobertura como as do anel de tração, foram representadas por elementos *shell*, com as espessuras de projeto. A carga dos vitrais foi considerada uniformemente distribuída nos pilares, através de áreas de influência. Foram considerados ainda, a carga da laje de cobertura vazada e o peso das esculturas dos anjos e da cruz. As sobrecargas na laje vazada e no anel de tração foram obtidas da norma NBR 6120 (ABNT, 1980). Nas bases dos pilares foram considerados quinze apoios de primeiro gênero, com reação apenas na direção vertical, e um de segundo gênero, com apenas rotação livre, para que a estrutura funcionasse conforme a previsão do projeto original, transmitindo apenas esforços verticais nos blocos de fundação e de tração no anel inferior. Todos os nós restantes foram supostos livres e a análise feita através de pórtico 3D. A carga dinâmica não foi considerada (Manual SAP 2000, 1995).

Para se obter as constantes físicas dos materiais a serem fornecidas ao programa, o concreto foi suposto um material isotrópico, com resistência à compressão $f_{ck} = 21,0\text{Mpa}$. Esse valor foi extraído do projeto original, que especificava a resistência do concreto com idade de 28 dias, σ_{c28} , com o valor 350 Kg/cm². Pela norma brasileira possivelmente empregada na época, NB-1/60, essa resistência era função do tipo de controle tecnológico do concreto. Apesar do responsável técnico da obra declarar ter sido o controle rigoroso, adotou-se, por precaução, o controle regular, resultando no valor do f_{ck} de aproximadamente, 21,0MPa. Desse valor, obteve-se o módulo de elasticidade, pela norma NB-1/78 (ABNT, 1978).

Com as hipóteses acima, o modelo do SAP 2000 forneceu os valores de seis esforços em cada seção transversal dos pilares – momentos fletores e torçores e forças normais e cortantes, e ainda, as respectivas deformações.

As figuras 4 e 5, a seguir, mostram, respectivamente, os diagramas de forças cortantes segundo o eixo vertical Y e os momentos fletores nas seções extremas das barras de 2,0m, em seus valores máximos, em relação a eixos locais no plano da seção. Os momentos positivos máximos obtidos foram da ordem de 33,0 kNm e 31,0 kNm, respectivamente, e os negativos máximos foram da ordem de 10,0 kNm e 10,0 kNm, respectivamente. As deformações verticais máximas da ordem de 7,5cm.

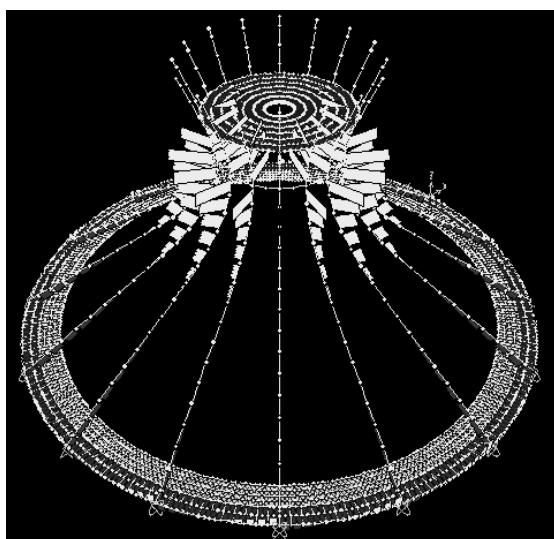


Figura 4 : Diagrama de forças cortantes no eixo vertical Y (SAP 2000)

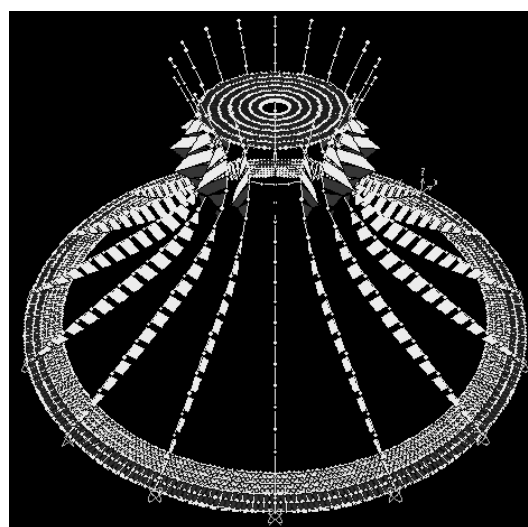


Figura 5: Momentos fletores máximos (SAP 2000)

Modelo estrutural segundo o programa Ansys (1995)

Ao gerar o modelo do pilar nesse programa, percebeu-se que os vários pontos angulosos na geometria da seção influenciariam a precisão da análise através de elementos finitos, gerando concentração de tensões nesses pontos. Para reduzir a concentração de tensões, idealizou-se uma nova geometria interna em cada seção (ver Figura 6). Essa geometria foi concebida de modo a manter uma área menor que a original, próxima ao máximo da área real, e os momentos de inércia de cada seção também sendo pesquisados, de forma a se ter, sempre, valores para a seção idealizada menores que os da original (Manual Ansys 5.2, 1995). Para o concreto, adotou-se o mesmo critério do SAP2000, com as características físicas correspondentes a $f_{ck} = 21,0\text{Mpa}$, e o módulo de elasticidade, coeficiente de Poisson e peso específico conforme a norma NB-1/78. O processo de cálculo utilizou um modelo estático, através da rotina *Precondition CG*, com uma tolerância de 10^{-5} .

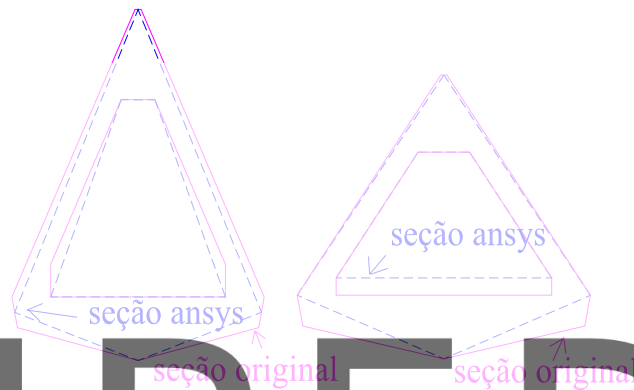


Figura 6: Seções idealizadas de um pilar típico da Catedral (Ansys)

Inicialmente, modelou-se a estrutura da Catedral como um sólido único, composto pelos 16 pilares vazados, o anel de compressão, o anel de tração e a laje de cobertura. Dividiu-se esse sólido, através da rotina *Mesh*, utilizando-se o elemento *Solid95*, o que resultou em cerca de 55000 elementos finitos. As cargas foram consideradas concentradas em pontos específicos dos pilares, simulando o efeito da sobrecarga gerada pelos vitrais. As condições de contorno no modelo foram estabelecidas nos nós das bases dos pilares, através de 15 restrições de primeiro gênero, com reação apenas na direção vertical, e uma de segundo gênero. A Figura 7 apresenta a estrutura da Catedral, modelada no programa Ansys, e a Figura 8 mostra os deslocamentos verticais obtidos.

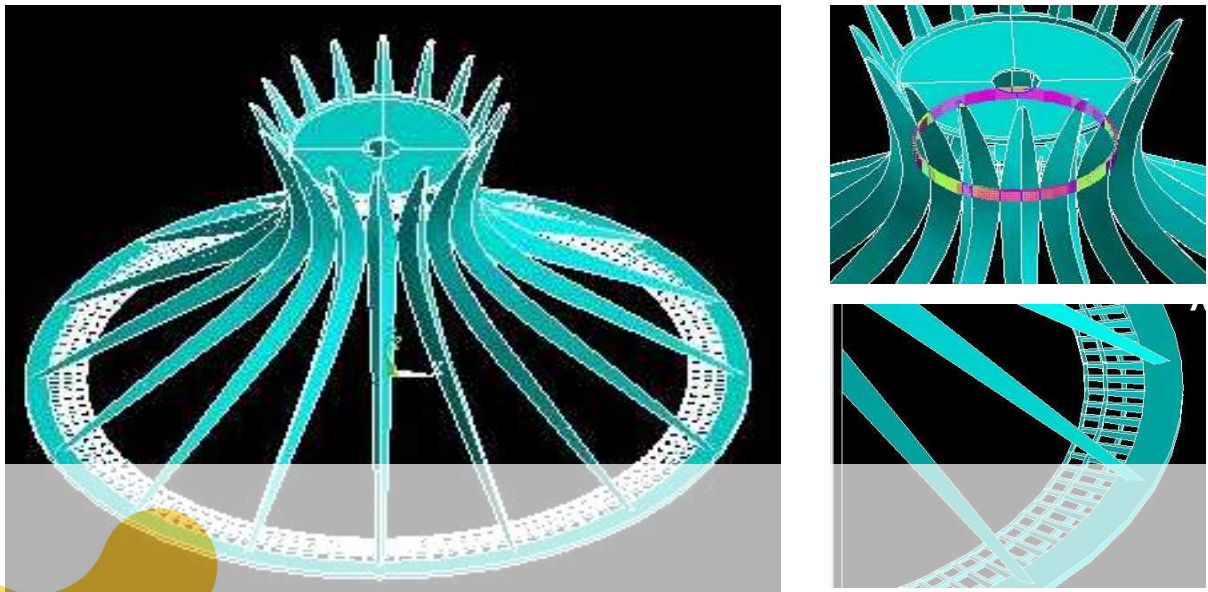


Figura 7: Modelo da estrutura da Catedral no Ansys - elementos sólidos, com detalhes dos anéis de compressão (acima) e de tração (abaixo)

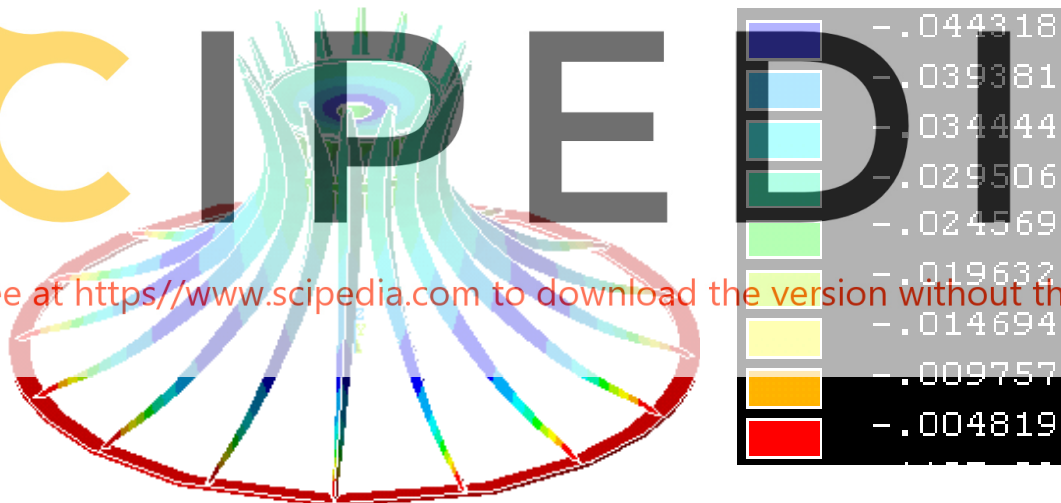


Figura 8: Deslocamentos verticais obtidos no Ansys (em metros)

CÁLCULO DE UM PILAR TÍPICO SEGUNDO A NORMA BRASILEIRA

Com os esforços obtidos do SAP 2000, foi feito o dimensionamento de um pilar típico da Catedral de Brasília, de forma a comparar as áreas de aço calculadas em 22 seções com aquelas das plantas de armadura do projeto original. Foram adotados para o aço CAT 50, encruado a frio, os valores para a tensão de escoamento de cálculo à tração $f_{yd} = 435 \text{ Mpa}$ e para a tensão de compressão correspondente ao encurtamento de 0,2%, $f'_{yd} = 364 \text{ Mpa}$. O cálculo foi feito segundo as disposições da NB-1 (ABNT, 1978), considerando as seções sob flexão normal composta de grande excentricidade, utilizando as tabelas de Fusco, 1981. A Tabela 1, a seguir, apresenta as áreas de aço nas seções a cada 2,0m, sendo A'_s a área de barras comprimidas e A_s a área tracionada, expressas em número de barras de bitola 25,4mm (1 pol).

Tabela 1: Comparação de áreas de armadura do pilar típico, em barras de aço CAT 50 de diâmetro 25,4mm (1 pol) - Seção 22: base; Seção 1: topo (em negrito: seções com armadura mínima de norma -)

	NB-1 (1978)		PNBR 6118 (2001)		Projeto Original	
Seção	A's	As	A's	As	A's	As
1	0	1	0	1	3	3
2	0	5	0	5	3	3
3	0	12	0	12	5	7
4	14	14	14	14	8	11
5	0	18	0	18	11	16
6	1	23	5	28	14	21
7	0	23	2	28	17	26
8	0	22	0	22	23	31
9	21	21	21	21	27	34
10	0	20	0	20	27	38
11	0	19	0	19	30	41
12	0	18	0	18	32	45
13	0	17	0	17	34	47
14	3	15	0	15	35	49
15	3	14	14	14	39	50
16	6	12	12	12	42	50
17	9	12	11	13	42	48
18	11	10	14	13	42	48
19	11	11	14	13	35	46
20	12	9	17	11	33	46
21	18	9	22	11	33	43
22	21	6	25	7	33	43

DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO DA ESTRUTURA

Tendo como base o trabalho descrito neste artigo, será realizado um programa de inspeções e testes *in situ*, para elaborar um diagnóstico da situação atual da estrutura da Catedral e subsidiar a aplicação de uma metodologia desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da UnB (Castro et al, 1995), que objetiva quantificar e classificar os danos em estruturas de concreto. A metodologia divide a estrutura da edificação em “famílias” de elementos típicos e calcula os “*graus de deterioração*”, individual de cada elemento estrutural e da respectiva família. Introduzindo um “*fator de relevância estrutural*”, específico de cada família, determina-se o “*grau de deterioração da estrutura*”. A partir da classificação dos danos existentes, a metodologia sugere as medidas preventivas/corretivas a se adotar, e os respectivos prazos de intervenção. O objetivo final é propor um programa de manutenção periódica para a estrutura do monumento, de forma a garantir a sua estética, funcionalidade e segurança estrutural.

REFERÊNCIAS

- ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NB.(1978).Projeto e execução de estruturas de concreto armado. Rio de Janeiro, Brasil.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – PNBR-6118.(2001). (Projeto de revisão da NBR-6118): Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, Brasil.
- ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 6120:,(1980)., *Cargas para o cálculo de estruturas de edificação*.
- Brito, C. et al - Catedral de Brasília.(2000). Departamento de Tecnologia da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UnB. Monografia da disciplina Sistemas Estruturais em Concreto Armado. Brasília, Brasil.
- Castro, E.K., Clímaco, J.C.T.S. e Nepomuceno, A. (1995). *Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado*. 37º. Congresso do Instituto Brasileiro do Concreto - Ibracon, Vol.1, pp. 293-307, Goiânia-GO.
- Fusco, P.B. – (1981). Solicitações normais. Ed. Guanabara Dois, Brasil.
- Magalhaes, C. – (2001). Depoimento escrito e oral aos autores. Setembro.
- Manual ANSYS 5.4 - 1995, Computational Applications and Systems Integration Inc, Canonsburg, Pennsylvania, USA.
- Manual SAP 2000 - Versão 7.12 .(1995). Computers and Structures Inc., Berkeley, California, USA.
- NOVACAP (2001).Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil – Acervo de Fotografias e Documentos. Pesquisa em setembro.



Register for free at <https://www.scipedia.com> to download the version without the watermark